

延吉盆地构造地质特征及其含油性

张之一

高品文

(西安地质学院)

(中国地质大学)

这个中、新生代沉积盆地面积约1000km², 基底最大埋深3400m。盆内主要沉积为白垩系, 其有机质丰度高, 且已成熟, 具有一定生油潜力。盆内可分为三个一级构造单元, 其中部坳陷带内的中央凸起带, 是最有利的油气聚集带。

延吉盆地位于吉林省东部, 地理座标为北纬42°30′—43°10′, 东经129°00′—129°45′。地貌上显示出盆地形态, 四周是海西期花岗岩及二叠系变质岩形成的中高山; 盆内是白垩系(局部有第三系)风化形成的中低山及第四纪河谷平原。面积约1000km²。

一、地层及沉积概况

在海西期花岗岩及变质岩的基底上, 于印支晚期运动形成了盆地的雏形, 沉积了侏罗系、白垩系及第三系。

1. 侏罗系

中侏罗世喷发一套安山集块岩、凝灰岩、安山角砾岩, 局部夹流纹岩及流纹凝灰岩, 厚1515.3m。火山活动延续到晚侏罗世, 至少有三个以上的喷发旋回。似有由中性开始、酸性告终之势。均受北西向及北东向断裂所控制。

不整合覆于火山岩系之上的是上侏罗统长财组, 分布很局限, 以砂、页岩夹煤线为主。厚350m。其上被下白垩统大砬子组不整合覆盖。

2. 白垩系

早白垩世, 延吉地区由侏罗纪零星断陷的盆地萌发时期进入了广盆的发育时期。

下白垩统大砬子组砂砾岩段: 为一套灰黄、灰紫色的砾岩、含砾粗砂岩、粗砂岩、砂岩及细砂岩。砾岩所占比例较大, 砾径最大可达1m左右, 砾石及砂粒的分选、磨圆均较差, 在新东一带厚207m。该段是湖盆发育初期的一套磨拉石建造。显示当时的古地理面貌是坡陡流急, 河流、洪积分布广泛。也说明当时盆地迅速沉降、边缘急剧上升的地壳运动特征。

下白垩统大砬子组砂页岩段: 连续沉积在砂砾岩段之上, 以砂泥质沉积为主, 分布广泛, 是盆地的主要生储油岩系。新东一带, 该段厚909m, 其黑色页岩中含有丰富的叶肢介、介形虫、瓣鳃类及植物化石碎片。属于湖相沉积。当时湖盆沉积范围比现在的

盆地范围要广阔得多, 东北到老黑山地区, 西南到白头山地区。

上白垩统龙井组沉积范围变小, 盆地逐渐萎缩。在干旱的强氧化条件下沉积杂色碎屑岩, 厚1355m。主要为河流相, 尚有泛滥平原相和漫滩湖泊相等。

3. 第三系

白垩纪末期的燕山运动, 使延吉及其附近地区普遍抬升, 遭受剥蚀, 缺失古新统。始新-渐新世, 延吉-珲春地区下陷, 沉积珲春组 (E_2-3h)。这是一套湖泊相、沼泽相地层, 主要由砾岩、砂岩、粉砂岩、页岩夹煤层组成。含腹足类、双壳类、介形虫、叶肢介及被子植物化石。厚637m。

上新世时, 延吉-珲春一带及周围地区发生强烈的玄武岩喷溢, 厚达190m以上。

二、构造地质特征

1. 大地构造背景

延吉盆地位于天山-兴安岭断褶系东南缘的永吉-敖汉断褶带 (张文佑等, 1986)。断褶带的东界即延吉盆地东界为鹤岗-清津断裂带, 与锡霍特断褶系接壤; 西界敦化-密山断裂带与松辽盆地为邻; 南以古洞河-富尔河断裂带与中朝断块相接; 北以北西向断裂与伊春断褶带相连 (图1)。

永吉-敖汉地区原为震旦古陆的一部分。加里东期曾为大陆边缘。海西期拉张为海, 石炭纪发展为洋壳阶段, 二叠纪末因挤压而褶皱回返为陆, 进入了陆壳发展阶段。延吉盆地就是在这样的大地构造背景下发展起来的。

2. 断裂构造特征

根据航磁资料¹⁾、卫星图象解译及地面地质观察, 确定延吉盆地及其周围发育了北东、北西向的X型断裂系统及南北、东西的H型断裂系统 (图2)。

航磁证实的X型断裂系统, 地表观察只有北西向断裂比较明显, 北东向断裂则不太清晰。北西向断裂在晚近期仍在活动, 并错开早期的东西向断裂, 它的倾角较陡, 平直如刀切, 明显地具有走滑性质, 与北东向断裂组成共轭断裂系统。

H型断裂系统的南北向断裂成为盆地的东、西边界, 是主干断裂; 东西向断裂被限制在南北向断裂之间, 具有派生性质。

值得提出的是南北向断裂组在延吉盆地的东西边缘非常发育, 控制着盆地的发生、发展。明显地具有走滑及生长性质。这个断裂组属于鹤岗-清津岩石圈断裂带的一部分。后者长约1250km, 形成于加里东期。该断裂带的两侧, X型剪切断裂密集。沿断裂带,

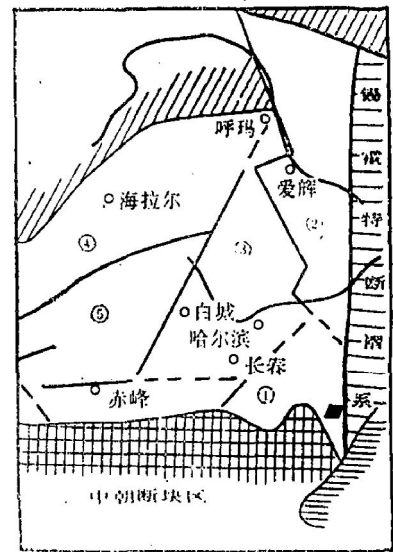


图1 天山-兴安岭断褶系东部构造分区图

(据张文佑, 1986)

①—永吉-敖汉断褶带, ②—伊春断褶带, ③—松辽断褶带, ④—北兴安岭断褶带, ⑤—南兴安岭断褶带

图中黑方块为延吉盆地位置

1) 东方地球物理技术服务公司航磁队, 1986, 吉林省延吉盆地高精度构造航磁普查成果报告。

尤其是牡丹江市至清津一线,中、新生代的断陷盆地呈串珠状排列(张文佑等,1986)。

3. 构造单元划分

根据基底埋深和控制盆地发生、发展的断裂情况,将盆地划分为三个一级构造单元(图3):

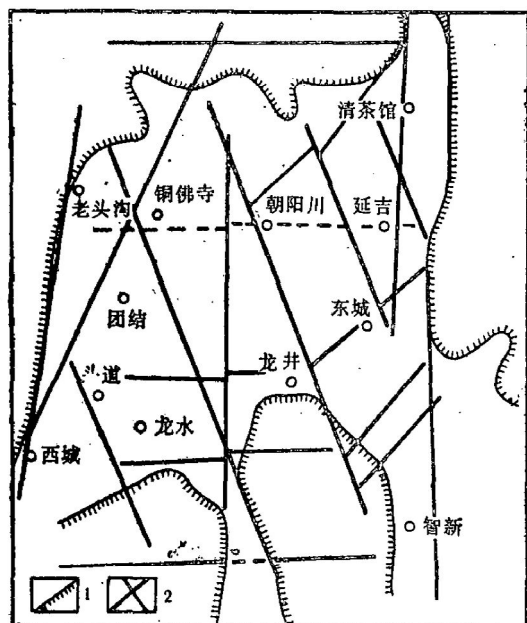


图2 延吉盆地断裂系统分布图

1—盆地边界, 2—断裂

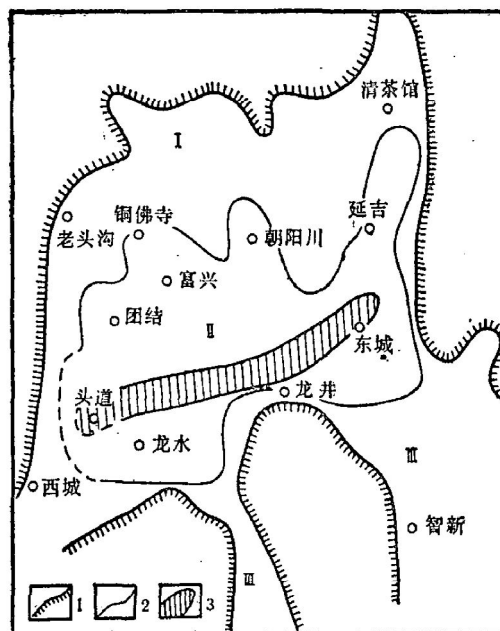


图3 延吉盆地构造单元划分图

1—盆地边界, 2—构造单元界线, 3—二级构造带——中央凸起带; I—北部边缘斜坡带, II—中部拗陷带, III—南部边缘隆起带

(1) 北部边缘斜坡带: 基底埋深不超过1000m, 由北向南埋深增大。南缘有三个鼻状构造组成一个二级构造带——断鼻带。

(2) 中部拗陷带: 大致呈东西向展布, 受东西向断裂控制。拗陷的北部, 局部向北西及北东向凸出, 系受北西及北东向断裂影响所致。该带面积约500多平方公里, 基岩埋深普遍大于1000m。由几个次一级深凹陷组成, 其基岩最大埋深为3400m。

在中部拗陷带, 通过陆地卫星图象解译发现一个北东东向的隐伏的中央凸起带。它由一系列基底凸起——潜山所构成, 基底埋深600—1200m, 最浅处只有200m。陆地卫星图象显示晚近期仍有上升活动, 说明它可能具有同生沉积隆起性质。

(3) 南部边缘隆起带: 由海西期的花岗岩和变质岩基底形成盆地边缘隆起。它向南有三个狭窄的分支。西支形成勇新小凹陷, 面积不大, 基底埋深只有700m, 地层较全, 由上侏罗统长财组到上白垩统龙井组均有出露。东边一支宽度较大, 形成德新凹陷和智新断阶。前者基底埋深大于2000m, 地表出露大砬子组; 后者基底埋深800m, 地表出露大砬子组和龙井组。

4. 古构造应力场特征

二叠纪末的一次挤压运动, 使延吉盆地所处的永吉-敖汉地区回返为陆, 与中朝断

块区的胶辽朝断块连成一体。后期所受构造运动的影响与胶辽朝断块是一致的,特别是与朝鲜半岛的构造运动影响相一致。

(1) 印支晚期构造应力场

朝鲜半岛的松林运动¹⁾(发生于晚三叠—早侏罗世,相当印支运动),对延吉地区的影响十分明显。在现今延吉盆地外围的二叠系中,保存着一组基本上呈北东—南西向的褶皱构造,这组挤压构造形迹并未影响到中上侏罗统及白垩系。考虑到海西期以后、燕山期以前只有松林运动最为强烈,故可以认为该组挤压构造是松林运动的产物。

(2) 燕山晚期构造应力场

盆地内部及周边的二叠系、海西晚期花岗岩、中上侏罗统安山岩及下白垩统大砬子组砂岩中,均发育着方向近于一致的二组陡倾角共轭剪切节理。节理面具有平直、光滑、延伸远等特征。可以认为这些节理是同期形成的。由于节理发育的最新地层已到下白垩统,而白垩纪最大的挤压应力是发生在白垩纪末期的佐川运动(小林,1941),故认为节理的形成时间是燕山晚期。经对盆地内部及周边9个观察点进行节理的测量和统计分析,结果表明最大主应力 σ_1 和最小主应力 σ_3 近于水平,而中间应力 σ_2 则近于直立。说明这时期所受应力为北西—南东向的水平挤压应力。

(3) 喜山期的构造应力场

盆内下白垩统大砬子组及上白垩统龙井组,发育了一系列小的正断层及张扭性节理,它们的走向为北东至北北西向。在盆地东北缘二叠系中发育的青沟子岭正断层走向为北北西,也是这个时期的产物。这些现象说明喜山期曾发生过北西—南东向的拉张应力。

5. 盆地形成机制的探讨

近年来,在世界范围内已鉴别出许多沿着大型走滑断裂系统形成的拉分盆地(pull-apart basins)和菱形地堑—地垒系统²⁾。鹤岗—清津岩石圈断裂带在延吉地区表现为南北向的断裂束。这个断裂束在中、新生代强烈活动,属走滑性质。延吉盆地就是在这样特定的条件下形成的拉分盆地。

张文佑曾引用Crowell的一张理想张扭性盆地图,其边界为两条平行的右旋平移断层,由于应力松弛或剪切—拉张作用形成菱形盆地。盆地边缘发育若干褶皱和断层,内部则发育火山杂岩及火山碎屑岩沉积物^[2]。延吉盆地与上述情况极其相似(图4,5),它同样是东西边界属南北向的右旋平移断层,二断层为左列性质,由于剪切拉张作用而形成菱形盆地。盆地的南、北边缘发育着印支晚期的褶皱和断层。盆地内部沿着布尔哈通河东、西向断裂航磁推断有侏罗纪的火山岩系分布,盆地内部则发育了侏罗纪—第三纪厚度较大的碎屑岩沉积。

印支晚期构造运动(松林运动)使延吉地区受到南方的挤压。当时永吉—敖汉断褶皱带已固结为陆,对挤压应力的传递是敏感的;东部锡霍特地区处在地槽系东移的过程,

1) 据朝鲜科学院出版社1960年出版的《朝鲜地质》。

2) A. Aydin, A. N., 1982, 拉分盆地的演化及其长宽比率的独立性。刘庆译, 1984, 合肥工业大学情报研究所。

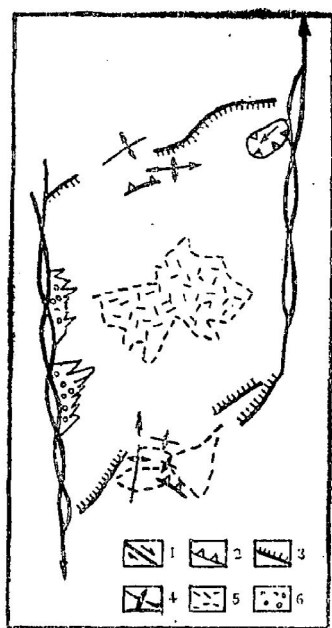


图4 理想的张扭性盆地
(据张文佑, 1984)

1—平移断层, 2—冲断层, 3—正断层,
4—褶皱轴, 5—火山岩系, 6—碎屑岩系

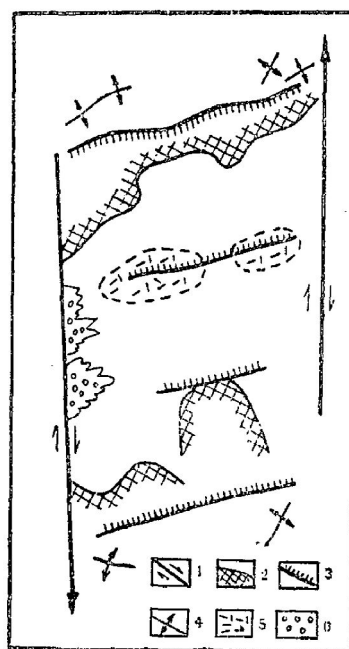


图5 延吉张扭性盆地示意图

1—平移断层, 2—盆地边界, 3—正断层,
4—褶皱轴, 5—火山岩系, 6—碎屑岩系

对挤压应力的传递是迟钝的。因此, 在鹤岗-清津断裂带两侧, 挤压应力西强东弱, 从而造成断裂带的右旋扭动。处于南北断裂束之间的延吉地区就是在这次运动中开始剪切拉张, 地壳变薄, 形成盆地雏形。同时造成盆地内部的东西向拉张断裂和南、北边缘的褶皱构造。这些东西向断裂被限制在南北向(走滑)断裂之间, 形成了H型断裂系。

三、油气显示及化探异常

1. 沥青砂岩: 早在1945年以前就在龙井县新东鹈鹕砬子一带发现粗粒沥青砂岩, 层位属于下白垩统大砬子组下部。在鹈鹕砬子以东2 km处见此层砂岩厚2m, 上、下岩层为深灰色泥岩。该层砂岩中含沥青部位仅厚10cm, 沿距岩层顶面10cm的部位呈水平带状分布。沥青砂岩带发育了比较密集的近南北走向的小正断层, 断层间距为10cm, 断距为0.5cm。而离开沥青砂岩带则因泥质增多断裂不发育。此外, 在大砬子组顶部也发现类似于此层的沥青砂岩。

沥青砂岩呈黑色, 在砂粒表面有一层干涸的黑色沥青膜。经荧光分析呈天蓝色斑点。

由上述可知, 沥青的分布与砂岩的裂隙带有关, 是油、气沿裂隙带运移至此层位经风化而形成。

2. 沥青脉: 野外发现两处。

(1) 延吉市铁路南梨花洞一带的龙井组有一层黄褐色含砾粗砂岩, 厚2m。发育一组走向为 23° , 倾角为 75° , 倾向SE的张扭性节理, 呈等间距分布, 间距宽40—60cm。

节理中充填沥青脉, 脉宽2—4mm, 并有更细的支脉。

(2) 在上述沥青脉以南2km的297.7高地附近, 龙井组黄褐色含砾粗砂岩中, 发育一组走向为60°的张扭性节理, 也有沥青脉充填。形态和性质与上述沥青脉相同。

沥青脉呈黑色, 质软、污手, 无油味, 含较多的泥质和碳质。经室内荧光分析呈天蓝色、淡白色斑点。

3. 化探异常

东方地球物理技术服务公司在延吉盆地进行了化探普查工作。对土壤样品进行了荧光UF431及紫外UV410的测定。二者异常的分布基本上是吻合的。有三个异常带沿断裂分布(图6)。

异常带主要沿着东西向、北东向及北北东向的断裂分布。其中东西向断裂形成早, 后期有继承性活动; 北东及北北东向断裂则属喜山运动的产物。后者的走向与前述沥青脉赋存的张扭性断裂的走向一致。

四、生油岩的初步分析

延吉盆地是断陷-拗陷型盆地。大砬子期盆地范围宽广, 沉积了上千米的湖相地层, 其中有400多米厚的暗色泥质岩石, 已对部分地表样品进行了有机碳及干酪根的分析。

1. 有机质丰度

对大砬子组黑色、灰色泥页岩样品分析结果: 有机碳含量为0.245—4.611%, 平均为1.8%。其中含量在0.4%以下者只占13%(表1)。频率出现二个峰值, 即0.5—1%和2—2.5%, 均在好生油岩的范围内。

表1 延吉盆地大砬子组有机碳含量分布频率统计表

组中值	0.25	0.75	1.25	1.75	2.25	2.75	3.25	3.75	4.25	4.75
频 数	2	4	1	1	3	2	0	0	1	1
频 率(%)	13	26	7	7	20	13	0	0	7	7

2. 有机质的类型

据大砬子组暗色泥页岩的20件样品的干酪根分析结果(表2), 属于Ⅱ型和Ⅲ型的分别占70%和30%, 即以混合型为主。

3. 有机质的成熟度

通过延吉盆地侏罗系煤层的煤阶、下白垩统干酪根演化图及干酪根的X-射线衍射

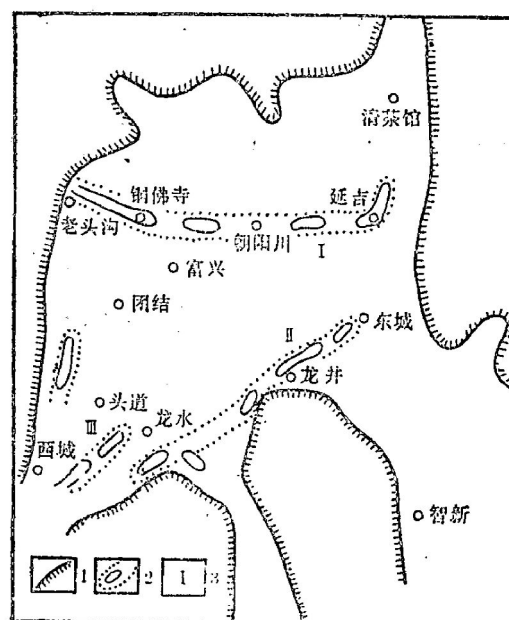


图6 延吉盆地紫外UV410、荧光UF431异常带分布图

1—盆地边界, 2—紫外、荧光异常带, 3—异常带号

表2

样品号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H/C	1.089	1.131	1.1	1.191	0.832	1.241	1.213	1.265	1.339	1.187
O/C	0.108	0.109	0.108	0.115	0.141	0.174	0.176	0.169	0.16	0.177
类型	I	I	II	II	II	I	I	I	I	I

样品号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
H/C	1.117	0.785	0.832	0.944	0.876	0.918	1.361	1.356	1.391	1.132
O/C	0.172	0.288	0.165	0.299	0.261	0.228	0.169	0.186	0.158	0.135
类型	I	II	II	II	II	II	I	I	I	I

曲线,可以初步判断有机质的成熟度。

(1) 延吉盆地处于和龙-汪清长焰煤带。附近上侏罗统长财组中开采的煤均属于长焰煤煤阶。按石油地球化学关于煤阶与有机质成熟阶段对比的理论,可知有机质已进入成熟阶段。延吉盆地大砬子组沉积时的沉降幅度及上覆盖层的沉积厚度均较附近侏罗系煤盆地大的多。因此,大砬子组有机质的成熟阶段应当超过长焰煤阶。

(2) 从Van Krevelen干酪根演化图(图7)中可以看出大砬子组少数干酪根样品已进入成熟阶段^[3]。大部分样品处于未成熟阶段,可能与地表采样有关,深部情况当会变好。

(3) 由于干酪根的X-射线衍射曲线来看,其衍射角虽未达到进入成熟阶段所需的 $\theta > 10^\circ$ 的数值,但均已超过 9° ,1号样品的衍射角已接近 10° 。说明所采样品的干酪根在地史过程中已有相当程度的演化基础(图8)。

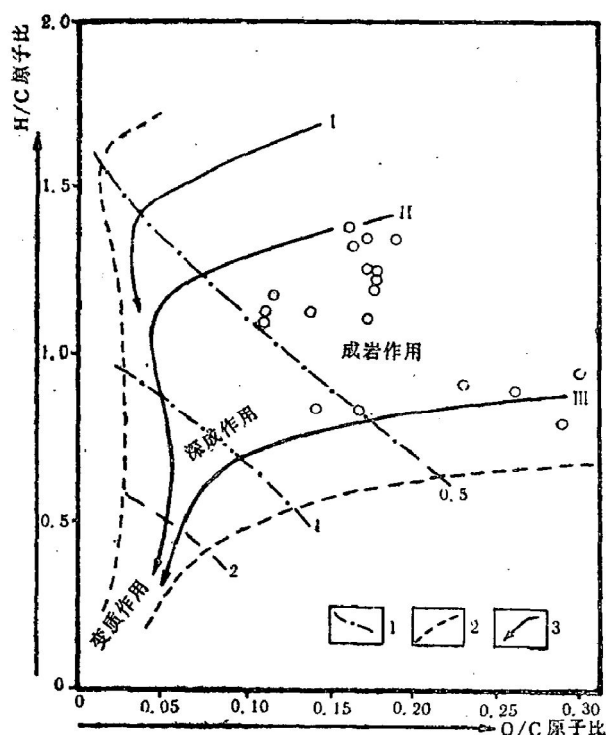


图7 Van Krevelen干酪根演化图

1—镜煤反射率的近似等值, 2—干酪根范围的边界,
3—主要干酪根类型的演化途径

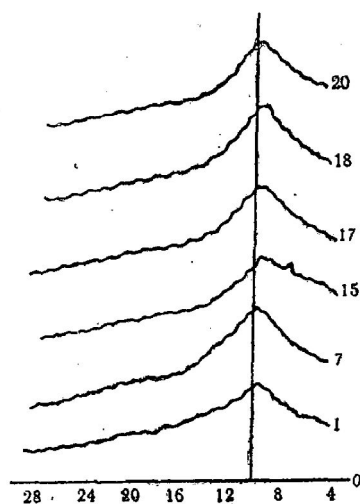


图8 干酪根的x-射线衍射曲线图

五、储层、盖层及油气聚集带的推断

延吉盆地覆盖面最广的沉积层当推下白垩统大砬子组砂页岩段。该段砂岩有半数以上属于岩屑砂岩和长石岩屑砂岩, 有的还属于岩屑杂砂岩。是强烈构造变动侵蚀区附近盆地的快速堆积, 它们含粘土质较多, 原生孔隙不发育, 不利于储油。另外有接近半数的砂岩属于岩屑长石砂岩、长石砂岩及长石石英砂岩, 因含粘土质较少, 原生孔隙较多, 且次生溶蚀孔隙较发育, 故储集性能较好。

大砬子组砂页岩段的黑色页岩、灰绿色泥岩及深灰色粉砂质泥岩除具有生油能力外, 并为不渗透的良好盖层。故该段已具备生、储、盖组合, 为油、气的自生、自储提供了先决条件。

不能忽略的是, 作为盆地基底的海西期花岗岩及古生代变质岩, 其中的孔隙是不发育的, 但经历了多次构造变动, 特别是燕山晚期的挤压和喜山第二幕的拉张运动, 均可造成断层裂隙。在基底凸起部位, 有条件形成潜山油藏。

延吉盆地的头道沟-龙井中央凸起带是凹中隆。化探的紫外、荧光异常的第二、第三等异常带都是围绕着该凸起带分布。说明其周围有烃类物质的扩散。

中央凸起带地表出露上白垩统龙井组, 对下白垩统大砬子组砂页岩段有一定的保存作用。且有可能在基底凸起上直接覆盖着大砬子组砂页岩段。

根据上述, 有理由推断中央隆起带是一个有利的油气聚集带。

参 考 文 献

- [1] 张文佑等, 1986, 中国及邻区海陆大地构造。地质出版社。
- [2] 张文佑, 1984, 断块构造导论。石油工业出版社。
- [3] B.P. 蒂索、D.H. 威尔特, 1978, 石油形成和分布。郝石生等译, 1982, 石油工业出版社。

CHARACTERISTICS OF STRUCTURAL GEOLOGY AND ITS OIL POTENTIAL IN YANJI BASIN

Zhang Zhiyi

(Xian College of Geology)

Gao Pinwen

(Geological University of China)

Abstract

Yanji Basin, located in the east part of Jilin Province with an area of 1000km², is a Meso-Cenozoic basin formed on Hercynian granite and

metamorphic rocks during late Indosinian movement. The greatest buried depth of the basement is 3400m.

The basin in geotectonic position belongs to Yongji-Aohan fault-folded belt of Tianshan-Xinganling fault-folded system. X-shaped and H-shaped fault systems controlled the formation and development of the basin. Three first-order structural units can be divided within the basin. Besides, a secondary structural belt—central uplift belt has been discovered by interpretation of landsat photographs and aeromagnetic data.

Through the analysis of paleotectonic stress field, the basin is determined to be stretch origin; the activities of Hegang-Qingjin fault belt have played a leading role in its formation.

The basin contains mainly Cretaceous sediments, then Tertiary deposits and great deal Jurassic volcanic rocks, in which asphalt sandstone, asphaltic vein and geochemical exploration abnormality have been found.

According to the analysis of the source rock, the authors considered that sandy shale member of the Lower Cretaceous Dalazi Formation that contains abundant organic matter and is matured has oil forming potential to some extent. So it is inferred that the most favourable place for oil enrichment is the central uplift belt.

张瑞翔高级工程师病逝

本刊编委会副主任、地矿部地质勘查管理司副司长、教授级高级工程师张瑞翔同志，因心脏病突发经抢救无效，于1989年9月23日晨在北京逝世，终年59岁。

张瑞翔同志1952年毕业于清华大学地质系，曾在普查委员会、六三三队、区测司、陕西石油普查大队、石油局综合研究队、海洋地质调查局、石油地质海洋地质局等单位工作，历任队长、大队技术负责、副总工程师、总工程师等职，并担任中国石油学会第一、二、三届理事，中国海洋地质学会第一、二届常务理事，中国南极考查委员会技术专家组成员等职。他在主持《中华人民共和国石油地质图集》的编制工作中，在参与制定海洋石油勘探若干技术要求和海洋地质、石油地质工作方针、部署中，在讨论国际海洋法公约和有关我国海域划界工作中，均发挥了重要作用，作出了积极贡献。

(油 编)